

**В. В. Самотий<sup>1</sup>**, д-р техн. наук, професор, **У. Ю. Дзелендзяк<sup>1,2</sup>**, канд. техн. наук, доцент  
 (<sup>1</sup>Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,  
<sup>2</sup>Національний університет «Львівська політехніка»)

## ПРОТОТИП МОБІЛЬНОГО ДОДАТКА З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Розроблено прототип мобільного додатка з використанням технології доповненої реальності. Розроблений мобільний додаток розпізнає маркери і накладає на них відповідний 3D-об'єкт, а також виводить інформацію про відстежуваний об'єкт. Для створення мобільного додатка використано рушій Unity3D, головною перевагою якого є можливість створювати додатки одразу на декілька платформ. Середовищем для розроблення прототипу є Vuforia SDK – програмне забезпечення для мобільних пристроїв, яке використовує технологію комп'ютерного зору для розпізнавання і відстежування плоских зображень і простих 3D-об'єктів в режимі реального часу. Програмна частина додатка написана мовою C# з використанням технології DirectX.

**Ключові слова:** доповнена реальність, віртуальна реальність, комп'ютерний зір, відеопотік, медіаконтент, графічна модель, маркер, 3D-модель.

*V. Samotyy, U. Dzelendzyak*

## THE MOBILE APPLICATION PROTOTYPE WITH AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY USAGE

The mobile application prototype using augmented reality technology has been developed. It can identify markers, apply it in to 3D objects and display information about the measured object. To create the mobile application Unity3D game engine has been used, it has the advantage to create applications for the several platforms at the same time. The environment for prototype creation is the Vuforia SDK software for mobile devices. It use the technology of computer vision in order recognize and track the flat images and simple 3D-objects in real time regime. Application's program part is written by C# using DirectX technology.

**Key words:** augmented reality, virtual reality, computer vision, video stream, media content, graphic model, marker, 3D model.

**Вступ.** Доповнена реальність (augmented reality, AR) – це феномен просторово-часового континууму, який суміщає в собі об'єктивну і віртуальну реальності і володіє рядом специфічних якостей і властивостей, не доступних в об'єктивній і віртуальній реальності окремо. Доповнену реальність можна розглядати як технології, що доповнюють зображення реальних об'єктів різними об'єктами комп'ютерної графіки і дають можливість поєднувати зображення, отримані від різних джерел, а саме, відеокамер, спектрометрів, тепловізорів та інших датчиків.

Зованих об'єктів у повністю штучно синтезованим світом (відеорядом).

Як правило, доповнена реальність є візуальним додатком реального світу, який отримується шляхом проектування і виведення будь-яких віртуальних, уявних об'єктів на цей простір (на екран комп'ютера, планшета, телефона). На сьогодні основною технологією доповненої реальності є отримання зображення з камери, його обробка алгоритмами розпізнавання образів, з подальшим накладенням зображення. Технології доповненої реальності з кожним днем все міцніше інтегруються в сучасному світі. Можливості їх застосування величезні: від ігор до освіти, медицини і промисловості.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Можна виділити два головних принципи побудови доповненої реальності: на основі маркера та на основі координат місця розташування користувача. Безмаркерні технології найчастіше застосовуються в мобільних пристроях і будуються за допомогою спеціальних датчиків, а саме, акселерометра, гіроскопа, магнетометра, GPS-приймача. На цьому принципі ми не будемо зупинятися, а основну увагу приділимо побудові доповненої реальності за допомогою маркерів і алгоритмів комп'ютерного зору.

Під маркером розуміємо об'єкт, розташований у навколишньому просторі, який знаходиться і аналізується спеціальним програмним забезпеченням для подальшого відтворення віртуальних об'єктів. На основі інформації про розміщення маркера в просторі, програма може досить точно спроектувати на нього віртуальний об'єкт, унаслідок чого буде досягнуто ефекту його фізичної присутності в навколишньому просторі [2]. Після застосування додаткових графічних фільтрів і високоякісних моделей, віртуальний об'єкт може стати практично реальним і майже не буде відрізнятися від інших елементів інтер'єру або екстер'єру. Найчастіше в ролі маркера виступає аркуш паперу з деяким спеціальним зображенням. Тип малюнка може варіюватися досить сильно і залежить від алгоритмів розпізнавання зображень. Взагалі кажучи, маркери можуть бути доволі різними – це і геометричні фігури простої форми (наприклад, коло, квадрат), і об'єкти у формі прямокутного паралелепіпеда, і навіть очі та обличчя людей.

В роботі [3] автор провів дослідження з метою вдосконалення візуалізації тривимірних об'єктів засобами технології доповненої реальності використавши в якості платформи масово доступні мобільні пристрої.

Один з можливих варіантів використання AR технології у навчанні і для діагностування системи запалювання автомобіля пропонується в статті [4].

На даний час для реалізації рішень доповненої реальності існує ряд методів, проте актуальною є проблема використання технологій тривимірної розширеної реальності на мобільних платформах. Наявні мобільні пристрої є малопродуктивними, тому відомі методи не можуть бути застосовані для них повною мірою. Отже, виникає необхідність дослідження цієї області та розробки нових методів побудови доповненої реальності для переносних пристроїв.

**Виклад основного матеріалу.** Для реалізації технології доповненої реальності необхідні два основних програмних компоненти: трекінг і візуалізація. Трекінг – це складний процес, пов'язаний із відстеженням положення спостерігача щодо навколишнього оточення. Для створення прототипу мобільного додатка був обраний оптичний трекінг на основі маркерів, як найбільш функціональний з варіантів, застосованих для масового впровадження. При такому варіанті трекінгу проводиться аналіз кадрів відеопотоку, що надходить з камери, на предмет наявності спеціального зображення – маркера. При успішному розпізнаванні маркера обчислюється матриця перетворень, що дає змогу визначити положення камери і згодом коректно інтегрувати віртуальний об'єкт в реальне оточення.

У мобільній доповненій реальності, користувачі дивляться на пряме зображення, отримане з відеокамери на їхньому мобільному пристрої і фрагменти реального світу, які вони бачать, доповнюються інтегрованими тривимірними віртуальними об'єктами, тобто об'єктами доповненої реальності.

Одним з найбільш важливих аспектів при розробці систем доповненої реальності є створення відповідного інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу між користувачем і віртуальними об'єктами в системі. Існують чотири основних способи взаємодії в додатках AR: матеріальний AR інтерфейс, спільний AR – інтерфейс, гібридний – AR інтерфейс, і нові мультимодальні інтерфейси.

Для створення нашого мобільного додатка, після огляду найбільш відомих ігрових рушіїв, було вирішено використовувати рушій Unity3D, оскільки він увібрав багато різних

цікавих технологій, які використовуються в професійних та відомих рушіях. Головною перевагою Unity3D є його можливість легко створювати додатки одразу на декілька платформ [5]. Також можна створювати інтернет-застосунки за допомогою спеціального модуля Unity Web Player, який підключається до браузера, або за допомогою реалізації технології WebGL. Застосунки, створені за допомогою Unity, підтримують DirectX та OpenGL.

Unity3D має такі технічні характеристики: широкі можливості налаштування; сценарії на C#, JavaScript та Boo; доступний і зрозумілий інтерфейс; повна інтеграція рушія із середовищем розробки; існує система успадкування об'єктів; підтримка імпорту великої кількості форматів файлів; вбудований генератор ландшафтів; вбудована підтримка мережі; інструменти для сумісної розробки; можливість використання систем контролю версій [6]. Графічний рушій використовує DirectX (Windows), OpenGL (Mac, Windows, Linux), OpenGL ES (Android, iOS), та спеціальне власницьке API для Wii.

Огляд альтернатив з урахуванням найважливіших критеріїв показав, що найбільш оптимальним середовищем для розробки прототипу нашого мобільного додатка є Vuforia. Vuforia SDK – це програмне забезпечення для мобільних пристроїв, яке дає змогу створювати додатки доповненої реальності. Воно використовує технологію комп'ютерного зору для того, щоб розпізнавати і відстежувати плоскі зображення і прості 3D-об'єкти в режимі реального часу. Можливість реєстрації зображень дає змогу розробникам розташовувати і орієнтувати віртуальні об'єкти, такі як 3D – моделі і медіаконтент, у зв'язці з реальними образами при перегляді через камери мобільних пристроїв. Віртуальний об'єкт орієнтується на реальному образі так, що точки зору спостерігача на об'єкт співвідносяться з їх точкою зору на зображення для досягнення головного ефекту – відчуття, що віртуальний об'єкт є частиною реального світу [7, 8].

Розроблений додаток доповненої реальності дає можливість віртуальним тривимірним об'єктам бути накладеними на відеопотік в реальному часі. Він використовує принцип, заснований на використанні чорно-білих маркерів, який працює таким чином:

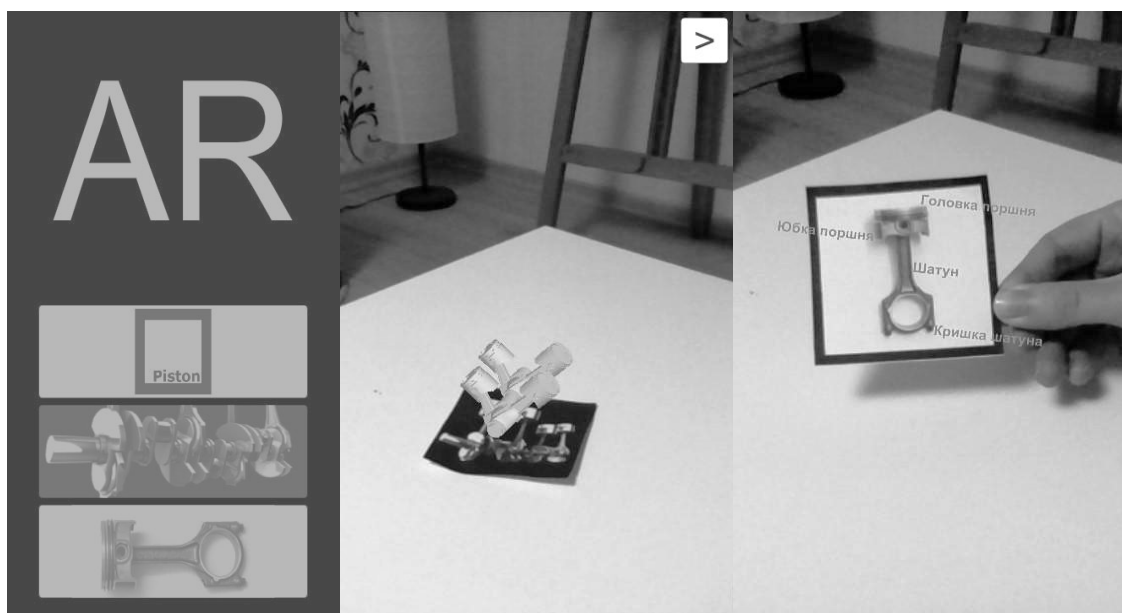
1. Камера захоплює відеопотік зображень реального часу і відправляє їх мобільному пристрою для обробки.
2. Програмне забезпечення пристрою виконує пошук будь-яких маркерів в кадрі.
3. Якщо маркер був знайдений, програмне забезпечення використовує математичний апарат для обчислення позиції камери відносно цього маркера.
4. Коли позиція камери буде визначена, то графічна модель відображається безпосередньо в такій позиції.
5. Графічна модель відображається поверх відеоряду і закріплюється за маркером.
6. Фінальне зображення подається на дисплей мобільного пристрою.

Всі обчислення проводяться в реальному часі, тим самим гарантується, що віртуальні об'єкти завжди промальовуються на позицію маркера.

Для зчитування маркерів існують обмеження по дальності. Чим більшим є фізичний розмір маркера, тим далі він може бути розпізнаний. Чим простіший маркер, тим краще. Маркери з великими білими і чорними ділянками найбільш ефективні. Також відстань розпізнавання змінюється залежно від орієнтації маркера щодо камери. Чим сильніше він відхилений від перпендикуляра камери, тим менш помітним стає його центр, а значить менш ефективним стає розпізнавання. І, нарешті, результати розпізнавання залежать від умов освітлення. Погане освітлення може створювати відображення і плями на маркері, таким чином ускладнюючи його віднаходження.

Розроблений мобільний додаток можна встановити на мобільні телефони та планшети з різними операційними системами. А саме, Unity3D дає змогу «побудувати» додаток для таких операційних систем, як Android, Apple iOS, BlackBerry OS. Програмна частина додатка – це програма, написана мовою C# з використанням технології DirectX.

Робочий інтерфейс розробленого додатка (застосунку) складається з чотирьох екранів, кожний з яких виконує певні функції [9].



*Рисунок 1 – Екран  
«Меню»*

*Рисунок 2 – Промальована  
3D – модель*

*Рисунок 3 – Виведений  
текст, приєднаний до  
маркера*

В «Меню» відображено три кнопки для переходу до інших екранів, а саме: режими зчитування маркерів двох типів та режим виведення тексту (рис. 1).

При натисканні на першу кнопку відбувається перехід до наступного робочого екрана з розпізнаванням маркера першого типу. При переході на цей екран вмикається камера і стає режим розпізнавання маркера першого типу. При появі маркера перед камерою (перший раз маркер має бути чітким, рівним і повністю видимим) починається зчитування маркера та його аналіз. В результаті чого відображається відповідна 3D – модель, у цьому випадку – це 3D-модель поршня.

При натисканні на другу кнопку відбувається перехід до наступного робочого екрана з розпізнаванням маркера другого типу. Після розпізнавання маркера з'являється відповідний об'єкт. У цьому випадку 3D – модель поршня з колінвалом (рис. 2).

При русі маркером рухається і 3D – модель, що дає змогу оглянути її з усіх сторін. Також у цьому режимі можна обертати віртуальний об'єкт. Обертання відбувається з допомогою сенсора, тобто торкаючись до екрана. Ще однією особливістю цього екрана є можливість ввімкнення анімації. При натисканні кнопки із зображенням стрілки на цьому екрані увімкнеться анімація відображеної на екрані моделі – поршня з колінвалом. При цьому маркер можна і далі переміщати та обертати, що також змінить позицію цього об'єкта.

При натисканні на головному екрані третьої кнопки вмикається режим виведення тексту на маркері (рис. 3). Аналогічно, як і в двох попередніх екранах (режимах), необхідний маркер, після аналізу якого з'являється наступний об'єкт – текст. Текст також переміщується відповідно до переміщення маркера та зберігає свої позиції відповідно до зображення.

Розроблений додаток можна доповнювати і застосовувати у навчальному процесі.

**Висновки.** Розроблено прототип мобільного додатка з використанням технологій доповненої реальності. Він може розпізнавати маркери і накладати на них 3D – об'єкти, а також дає можливість користувачеві отримувати інформацію про відстежуваний об'єкт. Необхідно відмітити, що розроблена методика створення мобільного додатка є універсальною і сумісною з новими потенційно більш досконалішими технологічними рішеннями (наприклад, вида-

ми трекінгу). Традиційні обчислювальні машини – комп'ютери, останнім часом відходять на задній план, їм на заміну приходять мобільні пристрої та окуляри доповненої реальності. Тому більшість розробок для комп'ютерів вигідно переносити на мобільну техніку.

Технологія доповненої реальності пропонує вдосконалення інтерфейсу людини і реального навколишнього світу. Зокрема, доповнена реальність пропонує більш досконалий користувацький інтерфейс для візуалізації віртуальних об'єктів у реальній обстановці. Поширення сучасних смартфонів і планшетних комп'ютерів, а також вдосконалення програмних засобів забезпечило передумови до масового застосування доповненої реальності так званого ручного типу.

Для мобільних операційних систем існує багато додатків з використанням комп'ютерного зору та доповненої реальності, але в багатьох випадках ці додатки не мають практичного застосування в широкому доступі. У цій області є місце для розробки інноваційного, дійсно корисного додатка з використанням доповненої реальності. Поки що, мобільні пристрої поступаються в швидкодії більшості комп'ютерів, але найближчим часом ця ситуація зміниться, і тоді, можливо, буде вистачати ресурсів для обробки великих об'ємів інформації на мобільному пристрої.

Успішною мобільною AR – системою, як додаток, є система, яка дає змогу користувачу зосередитися на самому функціоналі системи та реалізує взаємодію з пристроєм у натуральному і соціально прийнятному вигляді, а також надає користувачу додаткову корисну інформацію. Це вказує на необхідність розробки таких систем в легких, портативних мобільних пристроях, які мають достатню потужність для складних обчислень і високі характеристики давачів для надійного стеження та розпізнавання.

#### Список літератури:

1. Azuma R. The Most Important Challenge Facing Augmented Reality / Azuma R. // In Presence: Teleoperators and Virtual Environments 25. – 2016. – № 3. – P. 234 – 238.
2. Forsyth D. A. Computer Vision: A Modern Approach. 2nd edition. /Forsyth D.A., Ponce J.// Pearson Education, Prentice Hall, 2012 – 793 p.
3. Кравцов А. А. Исследование и разработка методик и алгоритмов интерактивной визуализации средствами дополненной реальности / А. А. Кравцов // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – №113 (09) – С. 1 –18.
4. Мазанов В. Г. Використання технологій доповненої реальності у навчанні і для діагностування автомобільної техніки/ В. Г. Мазанов, В. А. Романюк, Ю. Ю. Тишкевич // 36. наук. праць Академії внутрішніх військ МВС України. – 2014. – Вип. 1 (23). – С. 33 – 37.
5. Bay H. SURF: Speeded Up Robust Features / Bay H., Ess A, Tuytelaars T., L. Van Gool. // Computer Vision and Image Understanding (CVIU), Vol. 110, No. 3, pp. 346–359, 2008.
6. Takahashi Dean. Unity Technologies developers will be able to publish 3D games via Adobe Flash. / Takahashi Dean // VentureBeat. Архів оригіналу за 2012-06-09.
7. Jeonghwan Lee. Analysis of the Research on Augmented Reality Using Knowledge Domain Visualization based on Co-Citation Analysis/ Jeonghwan Lee, Jae Yeol Lee // Korean Journal of Computational Design and Engineering, Vol. 18, No. 5, pp.309-320, 2013.
8. Sandor C. Immersive mixed-reality configuration of hybrid user interfaces / Sandor C., Olwal A., Bell B. and Feiner S. // In ISMAR '05, pp. 110–113, 2005.
9. Самотий В. В. Використання технологій доповненої реальності для створення прототипу мобільного додатка / В. В. Самотий, У. Ю. Дзелендзяк // Winter InfoCom 2016: Матеріали III Міжнародної наук. – практ. конф.: Тези доповідей. Київ, 1–2 грудня 2016 р. С. 13–15.

#### References:

1. Azuma R. (2016) The Most Important Challenge Facing Augmented Reality. In Presence: Teleoperators and Virtual Environments 25. – № 3, 234 – 238.

2. Forsyth D.A., Ponce J. (2012) Computer Vision: A Modern Approach. 2nd edition. Pearson Education, Prentice Hall, – 793 p.
3. Kravtsov A.A. (2015) Techniques and algorithms of interactive augmented reality visualization: research and development // Nauchnyj zhurnal KubGAU. — №113 (09), 1-18.
4. Mazanov V. H., Romanyuk V. A., Tyshkevych Yu. Yu. (2014) Vykorystannya tekhnolohiy dopovnenoyi realnosti u navchanni i dlya diahnostuvannya avtomobilnoyi tekhniky // Zbirnyk naukovykh prats Akademiyi vnutrishnikh vijsk MVS Ukrainy. – Vyp. 1 (23), 33-37.
5. Bay H., Ess A, Tuytelaars T., L. Van Gool. (2008) SURF: Speeded Up Robust Features // Computer Vision and Image Understanding (CVIU), Vol. 110, No. 3, pp. 346–359.
6. Takahashi Dean. [Unity Technologies developers will be able to publish 3D games via Adobe Flash](#). VentureBeat. Source Archive for 2012-06-09.
7. Jeonghwan Lee, Jae Yeol Lee. (2013) Analysis of the Research on Augmented Reality Using Knowledge Domain Visualization based on Co-Citation Analysis // Korean Journal of Computational Design and Engineering, Vol. 18, No. 5, pp.309-320.
8. Sandor C., Olwal A., Bell B. and Feiner S. (2005) Immersive mixed-reality configuration of hybrid user interfaces. // In ISMAR '05, 110–113.
9. Samotyj V. V., Dzelendzyak U. Yu. (2016) Vykorystannya tekhnolohiy dopovnenoyi realnosti dlya stvorenniya prototypu mobilnoho dodatku// Winter InfoCom 2016: Materialy III Mizharodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi: Tezy dopovidey. Kyiv, 13-15.

